Void를 갖는 가교폴리에칠렌의 유전특성 과 온도의존성

김동식, 오재형, 정우교 °, 김균송*, 박대희
원광대학교 전기공학부,o 생산기술원 *혜성물산

Temperature Dependency and the Dielectric Characteristics of Crosslinked Polyethyelene with Void

Dong-Shick Kim, Jae-Hyoung Oh, Woo-Kyo Jeong °,
Gyun-Song Kim*, Dae-Hee Park
School of Electrical Engineering, Wonkwang University,Iksan
o KAITECH -KTL,Seoul
*Hye Seong MulSan, Iksan

ABSTRACT

This paper was evaluated dielectric characteristics and temperature dependency in the XLPE with and without void. Each dielectric loss was 3.5×10^{-4}(%) and a little decreased with temperature's increase. Capacitance presented a contant value. According as the study is obtained results, loss in the XLPE increased in proportion to squre of applied voltage. As a rusult of the study, it was knowed that dielectric characteristics had a great deal to do with degradation in the high voltage dielectric materials.

1. 서론

전력기기의 절연재료는 폴리에칠렌, 에폭시와 고무계등이 폭 넓게 사용이 되고 있으며, 사용전압의 초고압화와 함께 절연성능의 향상이 크게 요구되고 있다. 요구되어지는 절연성능은 장기간의 고전계하에서 내열성, 기계적인 물성이 안정되어야 하며, 절연재료내에서의 방전의 발생이 없어야 한다. 최근에 사용전압이 높아짐으로 전력기기의 절연열화는 재료내의 부분방전에 의해서 서서히 진전이 되어 궁극적으로 절연파괴를 일으키는 사례가 빈번하다. 이와같은 사고는 절연재료내의 보이드 형성에 의한 전하가 발생되어 열화에 이른다. 전력케이블에 있어서 절연열화는 보이드에 의한 진전이 절연파괴의 사고를 일으키고 있으며, 장기적 신뢰성의 측면에서 많은 대책의 연구가 진행되고 있다.

특히 전계완화를 시키기 위해서는 전기적인 강도보다는 유전특성이 중요한 것으로 가교폴리에칠렌에서 보이드가 존재할 경우 유전특성을 검토하고져 한다.

이와 같은 관점에서 본 연구는 절연부품에 많이 사용되는 가교폴리에칠렌의 유전특성을 보이드의 수와 온도의존성을 평가하고, 향후에 전력기기의 계면에 있어서 나타나는 현상의 고찰을 통하여 품질의 개선 및 개발에 응용하고자 한다.

2. 시험방법

본 실험에서 사용한 시료는 두께가 1.25㎜의 XLPE이다. 시료내의 보이드는 직경이 5mmϕ로 하고, 보이드의 수는 1, 2개로 각각 만들었다. 시료의 전처리는 충분하게 건조기내에서 건조시킨후, 에틸알콜로써 세척한 후에 각각 측정하였다.

시험전극은 상부가 지름 49.5㎜의 주전극과 지름 79.1㎜의 guard ring전극, 하부전극으로 지름 100.4㎜의 평판을 사용하고, 시료의 가열은 주전극내의 히터에 의해서 가열하였다.

유전손실및 정전용량의 측정장치는 Tettex instrument를 이용하였다. 유전특성은 인가전압과 온도의 가변을 시키면서 측정하였다. 온도의존성은 전극의 온도를 실온에서 110℃까지 상승시키면서 측정하였고, 이때의 전극의 압력은 2(N/cm²)을 가한 상태에서 측정하였다. 인가전압은 875[V]로 하였다.

3. 시험결과 및 고찰

1) 유전특성의 온도의존성

가교폴리에칠렌내에 보이드가 없는 경우에 있어서 유전손실과 정전용량의 온도의존성을 그림 1에 나타냈다. 인가전계는 7.0[kV/cm]이며, 실온하에서 유전손실($\tan\delta$)은 3.5×10^{-4}(%)와 정전용량은 32.06pF를 측정되었으며, 온도의 증가와 함께 각각 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이때의 유전율은 2.4로 계산이 된다. 고분자에 전계를 가하면 전자분극과 배향분극에 의한 유전손실이 발생되고, 고분자쇄의 열진동에 의해서 나타나는 것으로 보고 되고 있다. 본 결과의 경우는 유전손실의 저하는 전극에서 가해지는 압력에 의해서 고분자쇄의 열진동이 억제되어 나타나는 결과로 사료된다. 그렇치만 유전손실의 변화율은 9×10^{-5}(%)정도로서 대단히 작은 값을 나타낸다. 또한 정전용량의 감소는 온도의 증가와 절연두께의 효과에 의한 결과로 예측된다.

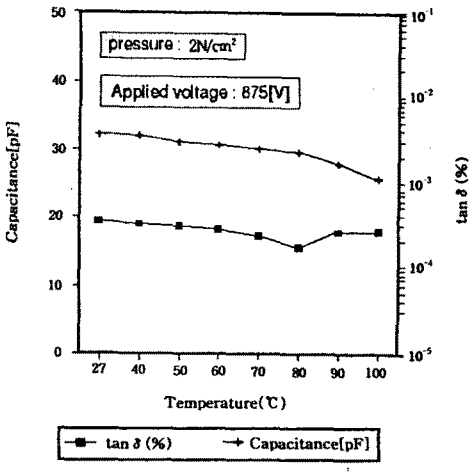

그림 1. 유전손실과 정전용량의 온도의존성

다음에는 보이드(직경:5mmϕ)가 시료내에 존재하는 경우에 있어서 유전특성의 온도의존성을 그림 2에 나타냈다. 이 결과로 정전용량은 1개의 보이드가 존재함으로 18.83pF로 보이드가 없는 경우보다 크게 감소하는 것을 알 수 있었으며, 또한 온도의 증가와 함께 거의 변화를 나타내지 않고 있다. 유전손실은 1.6×10^{-4}(%)을 나타내고 있으며, 보이드가 없는 경우보다도 약 50%저하되는 결과를 나타내고 있다. 가교폴리에칠렌내에 보이드가 있는 시료의 유전특성은 저전계(7kV/mm)하에서 오히려 안정된 상태를 나타내고 있다. 보이드가 2개 있는 경우에도 마찬가지로 유전손실과 정전용량이 각각 1.4×10^{-4}(%)와 19.14pF를 나타내고 있다. 보이드의 갯수가 어느정도 큰 경우에는 절연성능의 저하에는 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다. 또한 온도의 증가와 함께 정전용량은 거의 변화가 없으나, 유전손실은 실온보다도 50(%)정도 저하하는 것을 알 수 있었다.

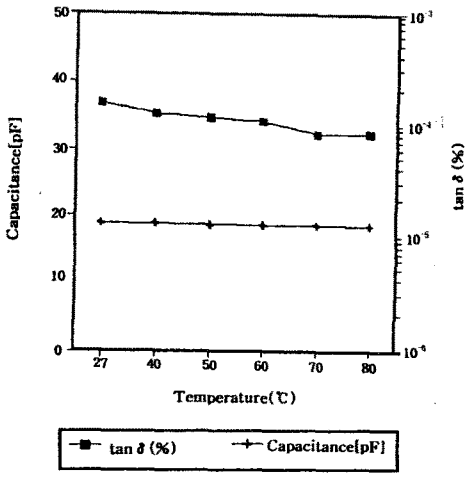

그림 2. 보이드가 있는 때의 유전특성의 온도의존성

이와같은 가교폴리에칠렌의 유전특성은 운전되어지는 전압하에서 소비전력으로 나타낼수 가 있다. 따라서 가교폴리에칠렌내의 소비전력은 W[W]는 다음식으로 유도 할 수 있다.

가교폴리에칠렌내에 흐르는 총전류는 누설전류와 충전전류로 나타나며 각각 다음의 식으로 유도가 된다.

누설전류 $Ir = Ic \cdot \tan\delta$

충전전류 $Ic = V \cdot \omega C$

C : 정전용량(pF), ω : 각주파수, V:인가전압

따라서 절연재료내에서의 소비되는 전력은

소비전력 $W = V \cdot Ir = V \cdot Ic \cdot \tan\delta$ 이며,

소비전력에 충전전류 Ic를 대입하면

소비전력 $W = V^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \tan\delta$ [W]

이와같이 유전특성의 측정을 통하여 가교폴리에칠렌내에서 소비되는 전력을 구하여 보면 다음과 같다.

2) XLPE내에서의 소비전력

각각의 시료에서 얻어진 유전손실에 의한 소비전력

을 보이드가 있는 때와 없는 경우를 비교하면 그림 3과 같다. 상온에서의 소비전력은 보이드가 없는 경우 3.12 X 10^{-6} [W]이며, 있는 경우 8.7 X 10^{-7} [W]를 나타내고 있다. 절연체내의 소비전력은 오히려 보이드가 있는 경우가 작아짐을 알 수 있으며, 측정온도의 증가와 함께 감소됨을 나타낸다. 이와같은 결과들은 보이드의 크기에 비해서 가해지는 전압이 낮으면, 가교폴리에칠랜내에서 소비전력으로서 큰 역할을 알 수 없음을 알 수 있다.

또한 가교폴리에칠랜의 단위체적당의 소비전력 P[W/m^3]을 구하면 다음과 같다.

$$P = W/(S \cdot d)$$

$$=(V/d)^2 \cdot f \cdot \varepsilon_s \cdot \tan\delta \cdot 0.5/9 \cdot 10^{-9}[W/cm^3]$$

여기에서 ε_s : 비유전율, d: 절연두께

위의 식으로부터 알 수 있는 가교폴리에칠랜내에서 일어나는 소비전력는 비유전율과 인가전계의 자승에 비례하고 있음을 알 수 있다. 이와같은 관점에서 유전특성은 절연열화와 깊은 관련성이 있음을 확인 할 수 있다. 본 실험을 통하여 가교폴리에칠랜의 유전손실은 대단히 작으나, 인가전압이 높아지는 초고압의 절연재료에서는 치명적인 열화의 요인된다는 것을 알 수있다.

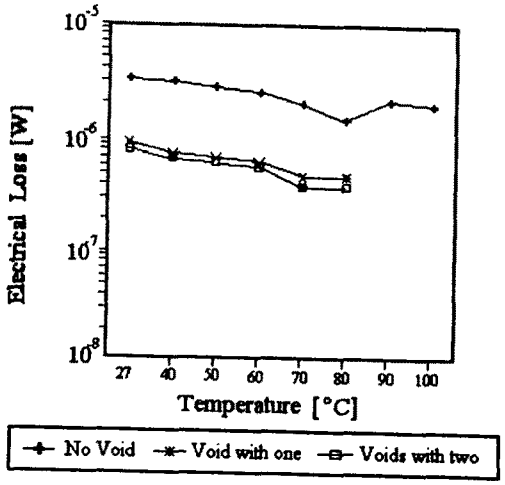

그림 3. 소비전력의 온도의존성

4. 결론

가교폴리에칠랜과 보이드가 있는 시료의 유전특성과 온도의존성의 측정을 통하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

1) XLPE의 유전손실과 정전용량은 온도증가와 함께 약간의 감소를 나타내며, 이와같은 감소는 고분자쇄의 열진동에 의한 변위를 전극압력에 의해서 저하됨으로 나타나는 현상으로 사료된다.

2) XLPE내에 보이드가 있는 경우 정전용량은 크게 저하하고, 유전손실도 저감되는 것을 확인 할 수있었다. 또한 유전특성의 온도의존성은 큰 변화가 나타나지 않았다.

3) XLPE 내에서의 소비전력(열)은 절연열화를 일으키는 인자이며, 사용전압의 자승에 비례하여 증가하는 것으로 초고압의 절연재료에 있어서 대단히 특성임을 알 수 있었다.

참고문헌

[1] T. Mohatai, et al :"Reliability and Transmission Capacity in XLPE Cable", Fujikura Giho pp 1~10 Oct, 1985

[2] M. Suzuki :"Calculation of Stress Distribution in Dielectrics of Power Cable" , Trans. IEEJ pp 108~117, July, 1961

[3] 電氣協同研究 : "特高ケ☒ブルの 導體許容溫度" (社) 電氣協同研究會 pp 50~55 第 40 卷 第 1 號 1984年 6月

[4] M. Kosaki 外 : " Polyethylene Filmの 高電界 誘電特性" 日本電氣學會 絶緣材料 symposium論文集 pp 119~122, 1983